

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА

Ю. П. Кравченко, О. В. Саприка

Методичні вказівки
до виконання контрольних робіт
з курсу

«СПОЖИВАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ»

(для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 0906 (6.050701) «Електротехніка та електротехнології» спеціальності «Електротехнічні системи електроспоживання»)

ХАРКІВ ХНАМГ 2010

Методичні вказівки до виконання контрольних робіт з курсу «Споживачі електричної енергії» (для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 0906 (6.050701) Електротехніка та електротехнології спеці-альності «Електротехнічні системи електроспоживання») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Ю. П. Кравченко, О. В. Саприка. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 31 с.

Укладачі: Ю. П. Кравченко,
О. В. Саприка

Рецензент: к.т.н., доц. П. П. Рожков

Рекомендовано кафедрою електропостачання міст,
протокол № 8 від 04.05.2010 р.

ВСТУП

У дисципліні "Споживачі електроенергії" вивчаються улаштування, принцип дії найбільш розповсюджених приймачів електричної енергії, промислових підприємств та досліджуються їх характеристики. Базовими дисциплінами для курсу є всі загальноосвітні дисципліни, а також електричні системи і мережі, теоретичні основи електротехніки, електричні машини. У результаті вивчення курсу студенти повинні засвоїти призначення і принцип дії споживачів електроенергії, розрахунок окремих ділянок електричних мереж з урахуванням специфіки обладнання, що необхідно для виконання технологічного процесу, а також опанування заходів зниження впливу роботи приймачів електроенергії на якісні параметри електричної системи.

У ході вивчення окремих тем і розділів курсу головна уважність повинна бути приділена виявленню об'єктивних закономірностей, що лежать в основі досліджуваних пристроїв і процесів, і зв'язків досліджуваного предмета з іншими дисциплінами. Необхідно також чітко представляти основні цілі і перспективи розвитку систем електропостачання взагалі і приймачів зокрема. Крім того, матеріал курсу повинний погоджуватися з новітніми досягненнями вітчизняної і закордонної науки і техніки і з практикою інженера – електрика.

Перед вивченням чергової теми курсу варто уважно ознайомитися з програмою і методичними вказівками по даній темі. При цьому необхідно мати на увазі, що рекомендована література мало пристосована до заочної форми вивчення курсу і внаслідок цього вимагає ретельного ознайомлення з даними методичними вказівками.

Ці методичні вказівки призначені для студентів спеціальності 7.090603 „Електротехнічні системи електроспоживання” і мають своєю метою надання допомоги студентам при виконанні контрольної роботи.

2. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Учебник для вузов.- М.; Высш. шк., 1984. – 559 с.
2. Електропостачання міст. Навч. посібник./ Ю.М.Блажко. – К.: НМКВО, 1992. - 256с.
3. Кацман М.М. Электрические машины и электропривод автоматических устройств.- М.: Высш. шк., 1987. – 335 с.
4. Кацман М.М., Юферов Ф.М. Электрические машины автоматических систем.- М., Высш. шк., 1979. – 261с.
5. Проектирование систем электроснабжения электрических железных дорог/Под общ. ред. Л.М.Перцовского.-М.; Трансжелдориздат, 1963. – 471 с.
6. Электротехнические промышленные установки. Учебник для вузов / Под ред. А.Д.Свенчанского. – М.: Энергоиздат, 1982. – 356 с.
7. Саприка О.В., Кравченко Ю.П. Споживачі електроенергії (Лекції для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання спеціальності 7.090603 „Електротехнічні системи електроспоживання”).– Х.: ХНАМГ, 2006. -74 с.
8. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. - М.: Энергоатомиздат, 2005. - 261 с.
9. Федоров А.А., Ристхейн Э.Г. Электроснабжение промышленных предприятий.: Учебник для вузов.-4-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат. 1984. – 472с.
10. Тульчин И.К., Нудлер Г.И. Электрические сети жилых и общественных домов. – М.: Энергоатомиздат. 1983. – 304с.
11. Прохоровский А.А. Тяговые и трансформаторные подстанции. – М.: Транспорт. 1984. – 326с.
12. Айзенберг Ю.Б. Справочная книга по светотехнике. 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Знак, 2006. - 972 с.

Контрольні завдання

Номер варіанту контрольного завдання вибирають за табл. Б1 на перетині рядка, відповідного останній цифрі номера залікової книжки і стовпця, відповідного передостанній цифрі номера. За вибраним варіантом у табл. Б2 визначають номери питань і завдання, які входять у контрольну роботу. Числові дані для завдань приведені в таблицях, розміщених після умови кожного завдання.

Методичні вказівки рекомендації щодо виконання контрольних робіт

Контрольні роботи повинні відповідати наступним вимогам:

1. На обкладинці зошита контрольної роботи повинні бути вказані: прізвище, ім'я та по батькові студента, курс, група, спеціальність, шифр і домашня адреса.
2. Перед виконанням контрольних робіт необхідно ознайомитися з вимогами, викладеними в розділі "Загальні методичні вказівки рекомендації щодо виконання контрольних робіт".
3. Для зауважень рецензента на кожній сторінці необхідно залишити поля не менше 2 см.
4. Використовувані позначки, фізичні величини, умовні позначення і одиниці фізичних величин повинні відповідати ДСП, ЕСКД і СІ.
5. Рішення задач та відповіді на поставлені питання слід приводити у тій послідовності, що вказана в таблиці контрольних завдань. Відповідь на кожне питання повинна починатися з нової сторінки.
6. Графічні побудови проводять на міліметровці з обов'язковим дотриманням масштабів.
7. Рішення задач слід супроводжувати лаконічним, та повним поясненням.

8. Забороняється використовувати скорочення при відповідях на питання різного роду

9. У випадках, коли в умові завдання не вказані конкретні величини параметрів, їх значення слід шукати у рекомендованій літературі.

10. При описанні конструкції конкретного кабелю, дроту або арматури, необхідно привести числові значення параметрів що їх характеризують, вказати області використання даних елементів, а також умови їх експлуатації.

11. У кінці контрольного завдання слід привести оформлений відповідним чином список використовуваної літератури.

12. Якщо під час виконання контрольної роботи виникне питання – необхідно звертатися на кафедру для консультації.

Контрольні запитання

1. Визначити за якими параметрами систематизують споживачі.
2. Визначити за якими параметрами систематизують приймачі.
3. Обґрунтувати не доцільність концентрації компенсаторів реактивної потужності.
4. Перерахувати режими роботи приймачів.
5. Обґрунтувати причини виникнення реактивної енергії.
7. Навести основні характеристики трансформаторів.
8. Наведіть метод розрахунку параметрів схеми заміщення трансформатора.
9. Проаналізувати схеми та групи з'єднань трансформатора.
10. Обґрунтувати переваги конденсаторних батарей для компенсації реактивної потужності та навести приклад розрахунку її величини.
11. Визначити причини зниження коефіцієнта потужності споживача.
12. Визначити методи підвищення коефіцієнту потужності.
13. Визначити необхідні параметрами для включення трансформаторів на рівнобіжну роботу.
14. Перерахувати електротехнологічні процеси.
15. Наведіть метод фазування трансформаторів з заземленою нейтраллю.
16. Наведіть метод фазування трансформаторів з ізольованою нейтраллю.
17. Проаналізувати дослідження та режими короткого замикання та холостого ходу трансформатора.

18. Навести методи зниження пускового струму двигуна.
19. Наведіть методи перевірки схем з'єднання двигуна.
20. Визначити ступені захисту світових приладів від впливу навколишнього середовища.
21. Визначити ступені захисту приймачів від впливу навколишнього середовища.
22. Визначити класи захисту приймачів від ураження електричним струмом.
23. Дати оцінку роботи двигуна постійного струму при живленні від тиристорного перетворювача.
24. Поясніть поняття якості електричної енергії.
25. Визначити світлотехнічні характеристики світильників.
26. Визначити електрифіковане устаткування.
27. Які основні вимоги до якості електричної енергії?
28. Визначити напруги, які використовуються для живлення електротранспорту.
29. Проаналізувати заміну недовантаженого двигуна на двигун меншої потужності.
30. Визначити тягові підстанції.
31. Проаналізувати устаткування для перетворення електроенергії в теплову.
32. Проаналізувати термін служби джерел світла.
33. Дати оцінку електрозварювальному устаткуванню.
34. Проаналізувати електротехнологію гальванотехніка.
35. Дати оцінку пускорегулюючому апарату.
36. Визначити основні параметри трансформатора.
37. Проаналізувати роботу розрядних ламп з різними баластами.
38. Визначити категорії освітлювальних установок щодо забезпечення надійності та безперебійності живлення .
39. Дати оцінку компенсаторам реактивної потужності при їх концентрації.
40. Проаналізувати розрядні джерела світла, які застосовуються для освітлення.
41. Дати оцінку досліду та режиму короткого замикання.
42. Визначити схему заміщення трансформатора.
43. Дати оцінку лампам, що застосовуються для зовнішнього освітлення.
44. Навести метод розрахунку додаткового опору для зниження пускового струму.
45. Проаналізувати можливість рівнобіжного включення трансформаторів.
46. Проаналізувати, що таке група з'єднання а що таке схема з'єднання трансформатора..
47. Якими показниками характеризується якість електричної енергії?
48. Як можна класифікувати показники якості електричної енергії?

49. Визначити параметри, що враховуються при розрахунку навантаження освітлювальної мережі.
50. Дати визначення відхилення напруги, його впливу на роботу приймачів.
51. Дайте визначення коливання напруги, його впливу на роботу приймачів.
52. Визначити електротехнологічні процеси, які використовують електричну енергію.
53. Проаналізувати роботу конденсаторної батареї, як компенсатора реактивної потужності та навести приклад її розрахунку.
54. Визначити види освітлювальних установок.
55. Обґрунтувати параметри за якими дозволяється рівнобіжна робота трансформаторів.
56. Визначити причини зниження коефіцієнта потужності.
57. Дайте визначення несинусоїдальності напруги, її впливу на роботу приймачів.
58. Обґрунтувати необхідність компенсації реактивної потужності.
59. Дати оцінку лампам, що застосовуються для освітлення.
60. Визначити види освітлювальних установок.
61. Як класифікуються приймачі селитебних зон.
62. Проаналізувати джерела світла, що застосовуються для освітлення.
63. Дати оцінку дуговим ртутним лампам, що застосовуються для освітлення.
64. Навести схеми включення розрядних ламп.
65. Перерахувати основні світлотехнічні величини.
66. Обґрунтувати наявність баластного опору в схемах включення розрядних джерел світла.
67. Дати оцінку дуговим натрієвим лампам, що застосовуються для освітлення.
68. Дати оцінку світлодіодним джерелам світла.
69. Як визначається електричне навантаження громадських споруд.
70. Дати характеристику зовнішніх розподільних електричних мереж житлових будинків і громадських споруд.
71. Дати характеристику внутрішніх розподільних електричних мереж будинків.
72. Які схеми введів використовуються для живлення житлових будинків?
73. Накреслити схеми стояків житлових будинків висотою до 16 поверхів.
74. Дати характеристику квартирних мереж.
75. Назвіть категорії електроприймачів по ступіні надійності електропостачання.
76. Які вимоги пред'являють споживачі I і II категорії до системи електропостачання.

77. Які основні типи електроприймачів застосовують на промислових підприємствах? Їх характеристики.
78. Дати класифікацію агрегатів безперебійного живлення.
79. Пояснити призначення безперебійного живлення.
80. Із яких основних частин складається агрегат безперебійного живлення?
81. Як вибирається конкретна схема агрегату безперебійного живлення?
82. Які переваги і недоліки мають агрегати безперебійного живлення?

Завдання

1. Скласти схему заміщення трансформатора.

	тип	S _н , мВА	ВН U _н , кВ	НН U _н , кВ	U _к , %	ΔР _к , кВт	ΔР _х , кВт	I _х , %
1	ТМ-100/35	0,1	35	0,4	6,5	1,9	0,5	2,6
2	ТМ-160/35	0,16	35	0,4;0,69	6,5	2,6;3,1	0,7	2,4
3	ТДН-16000/150	16	158	11	11	85	21	0,8
4	ТМ-6300/35	6,3	35	6,3; 11	7,5	46,5	9,2	0,9
5	ТДЦ-400000/110	400	121	20	10,5	900	320	0,45
6	ТМ-250/35	0,25	35	0,4;0,69	6,5	3,7;4,2	1,0	2,3
7	ТМ-1600/35	1,6	35	6,3;11	6,5	23,5;26	5,1	1,1
8	ТМ-2500/110	2,5	110	6,6;11	10,5	22	5,5	1,5
9	ТРД-40000/220	40	230	11;11	12	170	50	0,9
10	ТМ-16000/330	16	330	10,5;10,5	11	180	80	1,4

2. Для двигуна потужністю P , напруга живлення U , ККД якого η , коефіцієнт потужності $\cos \varphi$ необхідно розрахувати опір струмообмежуючого реактора при споживанні його від трансформатора. Щоб струм при пуску не впливав на роботу трансформатора, який має коефіцієнт навантаження β .

	тип	S_H , мВА	V_H U_H , кВ	U_H , кВ	U_k , %	ΔP_k кВт	ΔP_x кВт	I_x , %	β	P , кВт	U , В	η	$\cos \varphi$
1	ТМ-250/35	0,25	35	0,4; 0,69	6,5	3,7; 4,2	1,0	2,3	0,8	55	380	0,8	0,8
2	ТМ-100/35	0,1	35	0,4	6,5	1,9	0,5	2,6	0,75	20	380	0,8	0,8
3	ТМ-1600/35	1,6	35	6,3; 11	6,5	23,5; 26	5,1	1,1	0,8	1000	10 кВ	0,9	0,8
4	ТМ-2500/110	2,5	110	6,6; 11	10,5	22	5,5	1,5	0,75	1000	10 кВ	0,9	0,8
5	ТМ-250/35	0,25	35	0,4; 0,69	6,5	3,7; 4,2	1,0	2,3	0,8	100	380	0,92	0,8
6	ТМ-1600/35	1,6	35	0,4; 6,3	6,5	23,5; 26	5,1	1,1	0,75	55	380	0,8	0,8
7	ТМ-1600/35	1,6	35	6,3; 11	6,5	23,5; 26	5,1	1,1	0,75	200	10 кВ	0,9	0,8
8	ТМ-2500/110	2,5	110	6,6; 11	10,5	22	5,5	1,5	0,8	1000	10 кВ	0,9	0,8
9	ТМ-100/35	0,1	35	0,4	6,5	1,9	0,5	2,6	0,75	25	380	0,9	0,8
10	ТМ-1600/35	1,6	35	6,3; 11	6,5	23,5; 26	5,1	1,1	0,75	100	10 кВ	0,92	0,8

3. Для дугової електропечі призначеної для плавлення за t годин масою m тон сталі розрахувати опір струмообмежуючого реактора, за умовою, щоб спад напруги в вторинній обмотці не впливав на роботу мережного трансформатора при коефіцієнті навантаження β . ККД печі 0,7.

	t	m	тип	S_H , мВА	ВН U_H , кВ	НН U_H , кВ	U_K , %	ΔP_K , кВт	ΔP_X , кВт	I_X , %	β
1	1	1,5	ТМ-6300/35	6,3	35	6,3; 11	7,5	46,5	9,2	0,9	0,75
2	1	1	ТМ-6300/35	6,3	35	6,3; 11	7,5	46,5	9,2	0,9	0,75
3	1,5	3	ТМ-6300/35	6,3	35	6,3; 11	7,5	46,5	9,2	0,9	0,75
4	1	2,5	ТМ-6300/35	6,3	35	6,3; 11	7,5	46,5	9,2	0,9	0,8
5	1	1	ТМ-1600/35	1,6	35	6,3; 11	6,5	23,5 ; 26	5,1	1,1	0,75
6	2	2,5	ТМ-6300/35	6,3	35	6,3; 11	7,5	46,5	9,2	0,9	0,8
7	2	1,5	ТМ-1600/35	1,6	35	6,3; 11	7,5	46,5	9,2	0,9	0,75
8	2	5	ТМ-6300/35	6,3	35	6,3; 11	7,5	46,5	9,2	0,9	0,75
9	1	2,5	ТМ-2500/110	2,5	110	6,6; 11	10,5	22	5,5	1,5	0,8
10	1,5	3	ТМ-2500/110	2,5	110	6,6; 11	10,5	22	5,5	1,5	0,8

4. Для електропечі опору призначеної для розплавлення за t годину масою m кг металу M у чавунному тиглі масою $m_{\text{тиг}}$ кг необхідно розрахувати параметри нагрівача та економію ел. енергії за одну плавку при її ціні 20 коп. за кВт*год., якщо при випробуванні печі плавка буде менше на $t_{\text{тр}}$ хв. від заданого часу. ККД печі 0,6.

	t	m	M	$m_{\text{тиг}}$	$t_{\text{тр}}$
1	2	200	алюміній	130	12
2	1,5	200	бронза	120	15
3	1	100	мідь	70	20
4	1	100	алюміній	70	15
5	1,5	200	бронза	130	12
6	2	150	мідь	100	20
7	1	150	алюміній	100	12
8	2	100	мідь	70	20
9	2,5	150	бронза	100	15
10	1,5	150	мідь	100	12

5. Для двигуна потужністю P кВт, напруга живлення U , ККД якого η , коефіцієнт потужності $\cos\varphi$ необхідно розрахувати:

активну, реактивну та повну потужності при номінальному навантаженні на валу;

активний, реактивний і повний струм.

Економію електроенергії при повній компенсації реактивної потужності, якщо час роботи t годин, а довгість кабелю живлення L метрів.

	P	U	η	$\cos\varphi$	t	L
1	1000	10 кВ	0,9	0,8	1000	100
2	250	380 В	0,9	0,8	1500	150
3	55	380 В	0,92	0,8	2000	200
4	100	380 В	0,9	0,8	1000	100
5	200	10 кВ	0,92	0,8	2000	200
6	350	10 кВ	0,9	0,8	1500	150
7	500	10 кВ	0,92	0,8	2000	200
8	100	380 В	0,9	0,8	2000	200
9	200	10 кВ	0,92	0,8	1000	100
10	20	380 В	0,9	0,8	1000	100

6. Перевірити рентабельність заміни ел. двигуна потужністю P_1 кВт, що працює з навантаженням $P_{\text{нав}}$ кВт типу А92 на ел. двигун А82 потужністю P_2 кВт, якщо параметри двигунів складають: А92-4 коефіцієнт потужності $\cos\varphi_1$, КПД η_1 , напруга живлення U_1 В, струм холостого ходу I_{xx1} %, витрати потужності на холостому ході ΔP_{xx1} кВт; А82-4 коефіцієнт потужності $\cos\varphi_2$, КПД η_2 , напруга живлення U_2 В, струм холостого ходу I_{xx2} %, витрати потужності на холостому ході ΔP_{xx2} кВт.

		А-92						А-82					
	$P_{\text{нав}}$	P_1	$\cos\varphi_1$	η_1	U_1	I_{xx1}	ΔP_{xx1}	P_2	$\cos\varphi_2$	η_2	U_2	I_{xx2}	ΔP_{xx2}
1	50	100	0,89	0,92	380	35	4	55	0,89	0,9	380	25	2,3
2	70	120	0,89	0,92	380	35	6	75	0,89	0,9	380	25	3,2
3	100	200	0,89	0,92	10000	35	10	120	0,89	0,9	10000	25	7,5
4	70	120	0,89	0,9	380	30	6	75	0,89	0,89	380	20	3,2
5	50	100	0,8	0,89	380	30	4	55	0,89	0,92	380	25	2,3
6	100	200	0,9	0,92	10000	35	10	120	0,9	0,9	10000	20	7,5
7	70	120	0,8	0,89	380	30	6	75	0,89	0,92	380	25	3,2
8	100	200	0,89	0,9	10000	30	10	120	0,89	0,9	10000	25	7,5
9	70	120	0,85	0,92	380	30	6	75	0,85	0,9	380	20	3,2
10	50	100	0,85	0,9	380	35	4	55	0,85	0,89	380	20	2,3

7. Вибрати перетин кабелю живлення групового щита та груп, що містять N ламп ДРЛ потужністю P_1 Вт, розташованих на відстані L_1 м від щита, M лампи люмінесцентних потужністю P_2 Вт, розташованих на відстані L_2 м від щита і V ламп розжарювання потужністю P_3 Вт, розташованих на відстані L_3 м від щита.

	N	P_1	L_1	M	P_2	L_2	V	P_3	L_3
1	15	250	50	24	40	70	17	100	30
2	17	250	60	36	40	50	16	150	40
3	16	250	70	36	30	40	18	75	50
4	13	400	50	44	20	45	19	60	45
5	11	400	40	36	30	55	15	150	35
6	17	250	70	46	20	75	14	100	55
7	12	400	40	42	20	50	18	75	60
8	14	400	50	38	30	60	15	200	20
9	18	125	70	40	30	80	16	100	45
10	17	250	40	36	40	30	14	200	30

8. Для індукційної печі призначеної для розплавлення за t одну год. m кг метал M необхідно розрахувати активну, реактивну і повну потужності печі та перетворювача частоти на f кГц U В, якщо ємність компенсуючих конденсаторів C мкФ і економію ел.енергії за одну плавку при її ціні 20 коп. за кВт*год, якщо при випробуванні печі час плавки зменшився на t_{3M} хл.

	t	m	M	f	U	C	t_{3M}
1	1	200	мідь	10	750	34	15
2	1,5	200	бронза	10	750	34	12
3	2	250	мідь	10	800	30	20
4	1,5	200	мідь	7,5	750	36	30
5	1	200	бронза	7,5	850	36	15
6	1	150	мідь	4,5	950	30	12
7	2	250	мідь	10	800	30	15
8	2	250	бронза	7,5	850	32	15
9	1	100	мідь	10	750	30	15
10	1,5	200	бронза	2,5	750	34	12

9. Для двигуна постійного струму з номінальним ККД η при його живленні від тиристорного перетворювача необхідно:

- розрахувати активну, реактивну та повну потужності, якщо діючий струм якоря I_d А, його постійна складова I_o А і діюча напруга U_d В;
- розрахувати потужність на валу;
- розрахувати економію електроенергії при її ціні 20 коп. за кВт*год за річний фонд часу t год. при повній компенсації реактивної потужності, якщо довжина кабелів живлення L м.

	η	I_d	I_o	U_d	t	L
1	0,9	250	200	220	5000	200
2	0,9	150	120	220	3000	100
3	0,89	200	160	220	4000	150
4	0,92	150	100	110	1000	100
5	0,93	130	100	120	2000	150
6	0,89	140	110	120	3000	200
7	0,91	250	200	220	3000	100
8	0,92	150	120	220	1000	200
9	0,89	180	140	220	2000	200
10	0,91	150	120	110	3000	100

10. Для установки електричного зварювання необхідно:

- розрахувати зварювальний трансформатор для вмикання у мережу з напругою U В і роботи з електродами d мм;
- розрахувати провали напруги у мережі при запалюванні дуги, якщо напруга короткого замикання зварювального трансформатора $U_{кзсв}$ %, а мережний типу ТМ-, напруга короткого замикання $U_{кхмт}$ %, коефіцієнт завантаження β .

	U	d	$U_{кзсв}$	ТМ	$U_{кхмт}$	β
1	220	5	15	100-10/0,4	8	0,8
2	220	3	18	100-10/0,4	6	0,75
3	220	4	18	100-10/0,4	8	0,75
4	380	5	15	100-10/0,4	5	0,8
5	380	4	18	100-10/0,4	8	0,75
6	380	3	17	160-10/0,4	7	0,8
7	380	4	18	160-10/0,4	8	0,8
8	380	5	16	160-10/0,4	7	0,8
9	220	4	17	100-10/0,4	7	0,75
10	220	5	16	100-10/0,4	7	0,75

Рішення завдання

1. Для трансформатора зірка-зірка з нулем потужністю S_H , напругою первинної обмотки U_{1H} , а вторинної $U_{20(ХХ)}$, напруги короткого замикання U_k %, потужність К.З. $P_{кз.}$, потужність Х.Х. $P_{ХХ}$, струм Х.Х. $I_{0ХХ}$, коефіцієнт потужності $\cos \varphi_2$, коефіцієнт завантаження β .

Необхідно розрахувати активні й реактивні опори, спадання напруги у вторинній обмотці і побудувати схему заміщення.

Розрахунок починаємо з визначення номінального струму первинної обмотки:

$$I_{1H} = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_{1H}}.$$

Струм Х.Х. дорівнює

$$I_0 = I_0 \cdot I_{1H}.$$

Коефіцієнт потужності на Х.Х. дорівнює

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3} \cdot U_{1H} \cdot I_0}.$$

Повний опір обмоток трансформатора

$$z_K = \frac{U_{K\Phi}}{I_{K\Phi}}.$$

Активний опір

$$r_K = \frac{P_K}{3I_K^2}.$$

Реактивний опір

$$x_K = \sqrt{z_K^2 - r_K^2}.$$

Опори первинної обмотки відповідно

$$r_1 = r_2' = r_K / 2,$$

$$x_{y1} = x_{y2}' = x_K / 2.$$

Опори вторинної обмотки

$$r_2 = r_2' / \kappa^2,$$

$$x_{y2} = x_{y2}' / \kappa^2.$$

Опір ланцюга, що намагнічує,

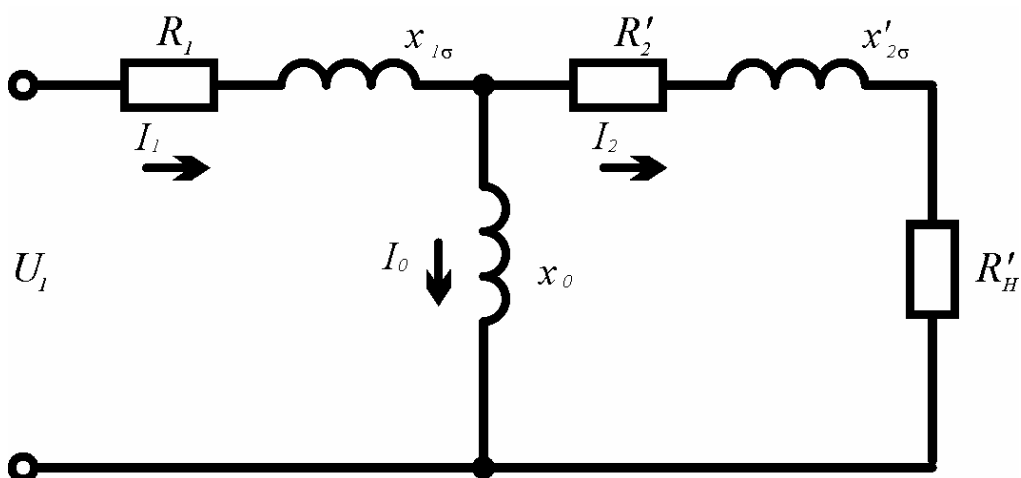
$$z_0 = \frac{U_{H\Phi}}{I_{0\Phi}},$$

$$r_0 = \frac{P_0}{3I_0^2},$$

$$x_0 = \sqrt{z_0^2 - r_0^2}.$$

Спад напруги у вторинній обмотці

$$\Delta U = I_{2H} Z_2.$$



2. Для двигуна потужністю P , напруга живлення U , ККД якого η , коефіцієнт потужності $\cos \varphi$ необхідно розрахувати опір струмообмежуючого реактора при споживанні його від трансформатора. Щоб струм при пуску не впливав на роботу трансформатора, який має коефіцієнт навантаження β .

У довідниках вказується потужність двигуна, яку можна одержати на валу ротора двигуна, або корисна потужність. Активна потужність двигуна при номінальному навантаженні, споживана з мережі, буде більша за величиною і визначається як

$$P_H = \frac{P}{\eta}, \text{ кВт}.$$

Реактивна потужність двигуна

$$Q_H = P_H \tan \varphi, \text{ кВАр}.$$

Повна потужність двигуна

$$S_H = \frac{P}{\eta \cdot \cos \varphi}, \text{ кВА}; S_H = \sqrt{P_H^2 + Q_H^2}, \text{ кВА}.$$

Повний струм, споживаний двигуном з мережі,

$$I = \frac{S_H}{\sqrt{3} U_{\text{л}}}, \text{ А}.$$

Активна складового струму

$$I_a = I \cos \varphi, \text{ А}.$$

Реактивна складового струму:

$$I_p = I_a \tan \varphi, \text{ А}.$$

Пусковий струм двигуна в 5-7 разів перевищує значення номінального струму

$$I_{\text{п}} = 5I, \text{ А}.$$

Опір двигуна в пусковому режимі

$$Z_1^{\text{Д}} = \frac{U_{\text{ф}}}{I_{\text{п}}}, \text{ Ом}.$$

Номінальний струм вторинної обмотки:

$$I_{2\text{H}} = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_{2\text{H}}}.$$

Повний опір обмоток трансформатора

$$z_K = \frac{U_{2\text{КФ}}}{I_{2\text{КФ}}}.$$

Повний опір вторинної обмотки

$$Z_2 = \frac{Z_K}{2}.$$

Опір струмообмежуючого реактора

$$Z_p = \frac{(U_{2H} - I_{2H}Z_2 - I_{2H}Z_1^D)}{I_{2H}}, \text{ Ом},$$

де Z_2 - опір вторинної обмотки трансформатора,

I_{2H} - номінальний струм вторинної обмотки трансформатора.

При розрахунку опору струмообмежуючого реактора використано номінальний струм вторинної обмотки трансформатора I_{2H} , але трансформатор при нормальній роботі має інший струм залежно від коефіцієнта навантаження β .

3. Для дугової електропечі призначеної для плавлення за t годин масою m тон сталі розрахувати опір струмообмежуючого реактора, за умовою, щоб спад напруги в вторинній обмотці не впливав на роботу мережного трансформатора при коефіцієнті навантаження β . ККД печі 0,7.

Вихідні дані для розрахунку: призначення печі, матеріал, що нагрівається, його теплоємність $C [\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \text{ } ^\circ\text{C}]$ і маса m у кг, початкова і кінцева температури нагрівання t_1 і t_2 , необхідний час нагрівання T в секундах, напруга мережі живлення.

Розрахунок починаємо з визначення необхідної кількості тепла та потужності печі:

$$H = Cm(t_1 - t_2), \text{ кДж}; \quad P_n = \frac{H}{3T}, \text{ кВт}.$$

Вибираємо пічний трансформатор і розраховуємо струм в момент запалювання дуги коли вторинна обмотка пічного трансформатора замкнута.

Розрахунок починаємо з визначення номінального струму первинної обмотки мережного трансформатора:

$$I_{1HM} = \frac{S_{HM}}{\sqrt{3} \cdot U_{1HM}}.$$

Повний опір обмоток трансформатора

$$z_{KM} = \frac{U_{1K\Phi M}}{I_{1K\Phi M}}.$$

Розраховуємо повний опір пічного трансформатора та приводимо його до первинної обмотки мережного трансформатора.

$$z_{KП}^1 = z_{KП} K_{1T}^2.$$

Струм в первинній обмотці в момент запалювання дуги та струм вторинній обмотці

$$I_{1TK} = \frac{U_{1M}}{(Z_{KM} + Z_{KП}^1)}; I_{2TK} = I_{1TK} K_{1T}.$$

Якщо струм вторинний обмотці, з урахуванням коефіцієнта завантаження, менше струму в момент запалювання, то необхідно встановити струмообмежуючий реактор і розрахувати його опір.

4. Для електропечі опору призначеної для розплавлення за t годину масою m кг металу M у чавунному тиглі масою $m_{\text{тиг}}$ кг необхідно розрахувати параметри нагрівача та економію ел. енергії за одну плавку при її ціні 20 коп. за кВт*год., якщо при випробуванні печі плавка буде менше на $t_{\text{гр}}$ хв. від заданого часу. ККД печі 0,6.

Розрахунок нагрівача полягає у визначенні його довжини, площі поперечного перерізу, форми і схеми розташування в робочому просторі печі. Вихідні дані для розрахунку: призначення печі, матеріал, що нагрівається, його теплоємність C [$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}^\circ\text{C}$] і маса m у кг, початкова і кінцева температури нагрівання t_1 і t_2 , необхідний час нагрівання T в секундах, напруга мережі живлення. Попередньо приймають ККД печі $\eta = 0,6$. Тоді розрахунок проводиться в такій послідовності. Визначають необхідну кількість теплоти Q для нагрівання й електричну потужність P_n печі:

$$Q = Cm(t_1 - t_2), \text{ кДж}; \quad P_n = \frac{Q}{\eta T}, \text{ кВт}.$$

Потужність випромінювання з одиниці випромінюючої поверхні ідеального нагрівача називають питомою поверхневою потужністю:

$$W_i = \frac{P}{F}, \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2}.$$

Питома поверхнева потужність визначає максимальну кількість теплоти, випромінюваної з одиниці площі поверхні нагрівача залежно від різниці температур нагрівача, яка не менше ніж на 100°C більша за температуру тіла, і тіла і представленої у формі ряду кривих (рис. 1).

Для нагрівачів інших конструкцій, що відрізняються від ідеального, питома поверхнева потужність зменшується на величину коефіцієнта ефективності випромінювання β , який визначається з таблиці, тобто $W_n = \beta W_i$.

Необхідна площа поверхні випромінювання нагрівача $F = P_n / W_n$, $[\text{см}^2]$ і його довжина для круглого профілю $l = F / \pi d$, для прямокутного $l = F / 2(a + b)$.

Електричний опір нагрівача і напругу його живлення визначають з урахуванням питомого опору матеріалу нагрівача за

$$R = \frac{\rho l}{S}; U = \sqrt{P_n R}$$

Економію електроенергії за одну плавку визначають як $W_2 = P_n t$.

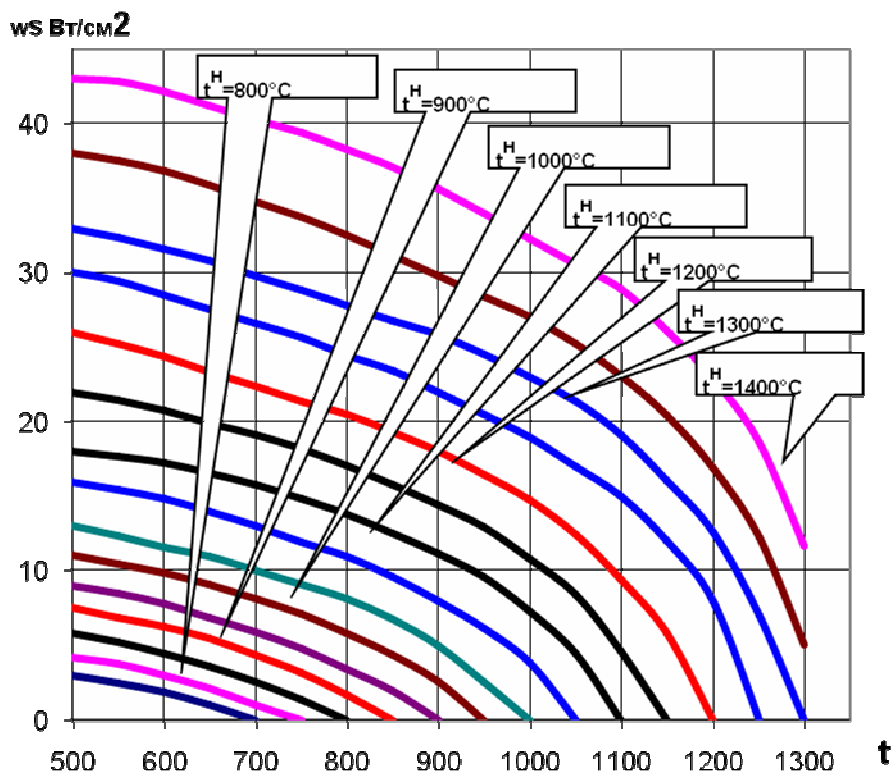
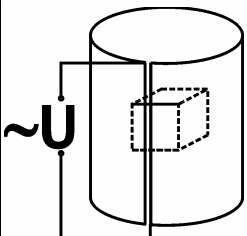
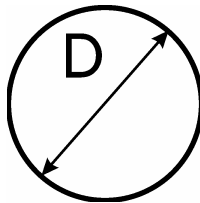
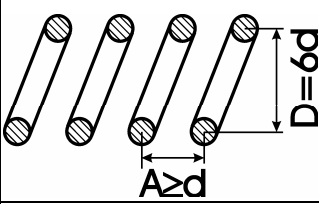
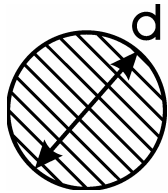
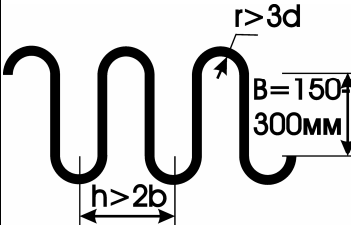
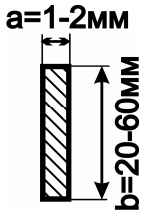
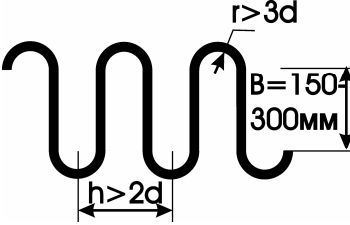
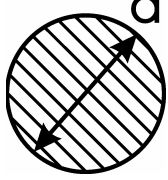
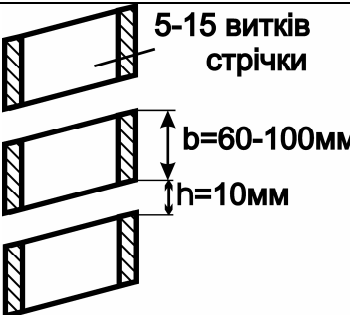



Рис.1 - Графіки питомої поверхневої потужності випромінювання ідеального абсолютно чорного нагрівача

Таблиця.

Конструкція нагрівача	Форма нагрівача	Поперечний періз матеріалу	Коефіцієнт ефективності випромінювання нагрівача
Ідеальний форми циліндра			1
Спіраль			0,3
Стрічковий зигзаг			0,4

Дротовий зигзаг двотрубчастий заповнений піском			0,6
Лінійний індуктор			0,9

5. Для двигуна потужністю P кВт, напруга живлення U , ККД якого η , коефіцієнт потужності $\cos\phi$ необхідно розрахувати:

активну, реактивну та повну потужності при номінальному навантаженні на валу;

активний, реактивний і повний струм.

Економію електроенергії при повній компенсації реактивної потужності, якщо час роботи t годин, а довгість кабелю живлення L метрів.

$$P_H = \frac{P}{\eta}, \text{ кВт}.$$

Реактивна потужність двигуна

$$Q_H = P_H \tan \phi, \text{ кВАр}.$$

Повна потужність двигуна

$$S_H = \frac{P}{\eta \cos \phi}, \text{ кВА}; S_H = \sqrt{P_H^2 + Q_H^2}, \text{ кВА}.$$

Повний струм, споживаний двигуном з мережі,

$$I = \frac{S_H}{\sqrt{3}U_L}, \text{ А}.$$

Активна складового струму

$$I_a = I \cos \phi, \text{ А}.$$

Реактивна складового струму:

$$I_p = I \sin \phi, \text{ А}.$$

Економія електроенергії при повній компенсації реактивної потужності розраховується в провідниках живлення, з урахуванням їх перетину та питомого опору, від різниці повного струму та його активної складової.

$$I_E = I - I_a.$$

$$W = I_E^2 \frac{\rho L}{S}.$$

6. Перевірити рентабельність заміни ел. двигуна потужністю P_1 кВт, що працює з навантаженням $P_{\text{нав}}$ кВт типу А92 на ел. двигун А82 потужністю P_2 кВт, якщо параметри двигунів складають: А92-4 коефіцієнт потужності $\cos\varphi_1$, КПД η_1 , напруга живлення U_1 В, струм холостого ходу $I_{\text{хх1}}$ %, витрати потужності на холостому ході $\Delta P_{\text{хх1}}$ кВт; А82-4 коефіцієнт потужності $\cos\varphi_2$, КПД η_2 , напруга живлення U_2 В, струм холостого ходу $I_{\text{хх2}}$ %, витрати потужності на холостому ході $\Delta P_{\text{хх2}}$ кВт.

Сумарні втрати розраховувати за виразом

$$\Delta P_{\text{сум}} = [Q_X(1 - k_3^2) + k_3^2 Q_{\text{ном}}] \cdot k_{3.в.} + \Delta P_X + k_3^2 \Delta P_{a, \text{ном}},$$

При номінальному завантаженні і номінальній напрузі асинхронний двигун споживає реактивну потужність

$$Q_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{3} \operatorname{tg} \varphi_{\text{ном}},$$

Реактивна потужність, споживана двигуном з мережі на холостому ході

$$Q_X \approx \sqrt{3} U_{\text{ном}} I_X.$$

Приріст втрат активної потужності в двигуні при 100% завантаженні

$$\Delta P_{a, \text{ном}} = P_{\text{ном}} \frac{1 - \varepsilon}{3} \cdot \frac{1}{k_{\text{дв}} + 1}$$

Розрахунковий коефіцієнт, що залежить від конструкції двигуна дорівнює

$$k_{\text{дв}} = \frac{\Delta P_X \%}{(100 - \varepsilon \%) - \Delta P_X \%}.$$

Як показали розрахунки, найменше значення $k_{3.в.}$ дорівнює приблизно 0,02 кВт/квар для двигунів, приєднаних безпосередньо до шин станції, а найбільше значення $k_{3.в.}$ дорівнює 0,15 для двигунів, що живляться від районних мереж.

7. Вибрати перетин кабелю живлення групового щита та груп, що містять N ламп ДРЛ потужністю P_1 Вт, розташованих на відстані L_1 м від щита, M лампи люмінесцентних потужністю P_2 Вт, розташованих на відстані L_2 м від щита і V ламп розжарювання потужністю P_3 Вт, розташованих на відстані L_3 м від щита.

У кожен фазу групової лінії повинно включатися не більше 20 штук ЛН, ДРЛ, МГЛ, НЛВД або 50 штук ЛЛ.

Встановлена потужність освітлювальної установки визначається як сума потужностей усіх ламп, що живляться відповідною ділянкою мережі.

Для ліній з РЛ (крім ламп ДКСТ) до потужності джерел світла необхідно додавати втрати в ПРА, рівні: 20 % - для ЛЛ, 10 % - для РЛВТ потужністю до 400 Вт і 5 % - потужністю більше 400 Вт.

$$P_{yc} = P_{л} N k.$$

де – k - коефіцієнт враховуючий втрати в ПРА.

Струм для кожної групи

$$I = \frac{P_1}{U_{\phi} \cos \varphi},$$

Перетин проводів живлення вибираємо по таблиці. Перевірка спаду напруги виконується з урахуванням перетину проводу, матеріалу та довжини.

$$\Delta U = IR.$$

8. Для індукційної печі призначеної для розплавлення за t одну год. m кг метал M необхідно розрахувати активну, реактивну і повну потужності печі та перетворювача частоти на f кГц U В, якщо ємність компенсуючих конденсаторів C .

$$I = Cm(t_1 - t_2), \text{ кДж}; \quad P_n = \frac{I}{3T}, \text{ кВт}.$$

Реактивна потужність розраховується з урахуванням ємність компенсуючих конденсаторів

$$Q \approx U^2 \omega C.$$

Повна потужність

$$S_n = \sqrt{P_n^2 + Q_n^2}, \text{ кВА}.$$

Перетин проводів живлення вибирають з урахуванням поверхневого ефекту струму при роботі приймачів на високих частотах.

9. Для двигуна постійного струму з номінальним ККД η при його живленні від тиристорного перетворювача необхідно:

- розрахувати активну, реактивну та повну потужності, якщо діючий струм якоря I_d А, його постійна складова I_0 А і діюча напруга U_d В;
- розрахувати потужність на валу.

Активна потужність

$$P = I_0 U_d.$$

Повна потужність

$$S = I_d U_d.$$

Реактивна потужність

$$Q = S - P.$$

Потужність на валу

$$P_M = P\eta \frac{P}{S}.$$

10. Для установки електричного зварювання необхідно розрахувати зварювальний трансформатор для вмикання у мережу з напругою U В і роботи з електродами d мм.

Для розрахунку трансформатора для дугового зварювання початковими даними є діаметр d у мм зварювального електрода і напруга живлення U_1 . Зварювальний струм визначають за емпіричною формулою $I_2 = 20d$ (А). Вторинна напруга холостого ходу приймається $U_{2x} = 60 - 70$ В, а при зварюванні $U_{2p} = 18 - 25$ В. Визначають потужність вторинної обмотки $P_2 = U_{2p}I_2$ (Вт) і трансформатори $P_T = P_2 / \eta_T$, де $\eta_T = 0,99$. Площу поперечного перерізу осердя трансформатора $S = \sqrt{P_T}$ (см²) визначають з величини магнітної індукції на рівні 1,3 Тл. Кількість витків на 1В напруги знаходять як $W = \frac{40}{S}$, кількість витків первинної і вторинної обмоток $W_1 = U_1 W$; $W_2 = U_{2x}$. Струм первинної обмотки $I_1 = I_2 W_2 / W_1$. Площу поперечного перерізу проводу обмотки визначають за щільністю струму $\partial = 5 - 8$ А/мм² з урахуванням повторно-короткочасного режиму роботи.

Додаток А

Таблиця А.1

Струмові навантаження на неізольовані шини прямокутного перерізу

Площа перерізу в мм ²	Струм в амперах		
	мідні	алюмінієві	сталі
250	870	670	365
500	1510	1170	535
800	2180	1690	750

Таблиця А.2

Струмові навантаження на силові трижильні кабелі в алюмінієвій оболонці з паперовою ізоляцією напругою 0.4-10 кВ

Площа перерізу в мм ²	Струм в амперах			
	Мідні жили		Алюмінієві жили	
	земляна прокладка	повітряна прокладка	земляна прокладка	повітряна прокладка
1	2	3	4	5
16	120	80	90	60
25	160	105	125	80
35	190	125	145	95
50	235	155	180	120
70	285	200	220	155
95	340	245	260	190
120	390	285	300	220
150	435	330	335	255
185	490	375	380	290
240	570	430	440	330

Таблиця А.3

**Струмові навантаження на силові проводи в гумовій та
пластмасовій ізоляції напругою 0.4 кВ**

Площа перерізу у мм ²	Струм в амперах				
	Три одножильні проводи				Переносні гнучкі трижильні кабелі в гумовій оболонці
	прокладка у повітрі		Прокладка у трубі		
	мідні	алюмінієві	мідні	алюмінієві	
2.5	30	24	25	19	28
1	2	3	4	5	6
4	41	32	35	28	36
6	50	39	46	32	45
10	80	60	60	47	60
16	100	75	80	60	80
25	140	105	100	80	105
35	170	130	125	95	130
50	215	165	170	130	160
70	270	210	210	165	200
95	330	255	255	200	-
120	385	295	290	220	.
150	440	340	330	255	-
185	510	390	-	-	-
240	605	405	-	-	-

Таблиця А.4

Марки силових кабелів і проводів

Марка кабелю або проводу	Характеристика	Напруга викорис- тання, кВ	Площа перерізу жили, мм ²
1	2	3	4
ААШВ	Силові кабелі з паперовою ізоляцією жил, алюмінієві жили в алюмінієвій оболонці із захисним покриттям у формі шлангу з полівінілхлориду	6-35	6-240
ААШп	Те саме шланг з поліетилену		
АВАШВ	Силові кабелі з пластмасовою ізоляцією жил, алюмінієві жили в алюмінієвій обмотці із захисним покриттям з полівінілхлоридного шланга	6-35	6-240

Продовж. табл. А.4

1	2	3	4
	Силові кабелі з гумовою ізоляцією жил		
АВРГ	Алюмінієві жили в полівінілхлориді оболонці без захисного покриття	0,66	4-300
	Силові проводи з гумовою ізоляцією		
АПРІ	3 алюмінієвою жилою в гумовій ізоляції, переплетений бавовняною прядивом	0.66	2.5 - 120
АПВ	3 алюмінієвою жилою з пластмасовою ізоляцією	0,66	2.5 - 120

Таблиця А.5

Фізичні характеристики матеріалів

Назва матеріалу	Питома вага, г/см	Електричний опір, ом*мм ² /м	Теплоємність, кДж/кг°С	Температура плавлення. 1°С
Алюміній	2,7	0,029	0,91	660
Сталь	7,9	ОД4	0,5	1500
Олово	7,3	0,12	0,23	232
Свинець	11,4	0,21	0,13	327
Бронза	8,5	0,18	0,36	1000
Латунь	8,6	0,065	0,38	900
Мідь	8,9	0,0175	0,35	1083
Чавун	7,8	0,5	0,54	1200
Графіт	2,3	8	0,7	3500
Вода	1,0	-	4,2	-

Таблиця А.6

Характеристика матеріалів для нагрівачів електропечей опору

Матеріал	Питома Вага, г/см	Питомий Опір, ом*мм /м	Температура плавлення 1°С	Максимальна робоча температура 1°С
Ніхром Х20Н80	8,4	1,1	1400	1150
Фехраль Х13Ю4	7,2	1,26	1450	900
Сплав ЄИ-626	7,2	1,42	1525	1300
Карборунд	2,3	1500		1500

Таблиця А.7

Технічні дані пічних трансформаторів для дугових електропечей

Тип трансформатора	ЕТМ- 400/10	ЕТМК- 1200/10	ЕТМК -1800/10
Потужність, кВа	400	1000	1500
Напруга U_1/ U_2 кВ	6,3/0,11	10/0,11	18
Напруга короткого замикання, U_k %	34	18	18

Таблиця А.8.

Електрохімічні еквіваленти речовин при їх електролізі

Речовини	Електрохімічний еквівалент г $g/A \cdot z_{\text{од}}$
Срібло	4,025
Алюміній	0,335
Мідь	1,19
Хром	0,65
Нікель	ІД

Таблиця Б.1

Остання цифра шифру	Передостання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91
1	2	12	22	32	42	52	62	72	82	92
2	3	13	23	33	43	53	63	73	83	93
3	4	14	24	34	44	54	64	74	84	94
4	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
5	6	16	26	36	46	56	66	76	86	96
6	7	17	27	37	47	57	67	77	87	97
7	8	18	28	38	48	58	68	78	88	98
8	9	19	29	39	49	59	69	79	89	99
9	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Таблиця Б.2

Номер варіанта	Номер варіанта контрольного завдання				
1	2	3	4	5	6
1; 51	1	25	49	73	1-1
2; 52	2	26	50	74	2-1
3; 53	3	27	51	75	3-1
4; 54	4	28	52	76	4-1
5; 55	5	29	53	77	5-1
6; 56	6	30	54	78	6-1
7; 57	7	31	55	79	7-1
8; 58	8	32	56	80	8-1
9; 59	9	33	57	81	9-1
10; 60	10	34	58	82	1-2
11; 61	11	35	59	72	2-2
12; 62	12	36	60	74	3-2
13; 63	13	37	61	76	4-2
14; 64	14	38	62	78	5-2
15; 65	15	39	63	80	6-2
16; 66	16	40	64	82	7-2
17; 67	17	41	65	73	8-2
18; 68	18	42	66	75	9-2
19; 69	19	43	67	77	1-3

1	2	3	4	5	6
20; 70	20	44	68	79	2-3
21; 71	21	45	69	81	3-3
22; 72	22	46	70	80	4-3
23; 73	23	47	71	78	5-3
24; 74	24	48	72	76	6-3
25; 75	2	25	50	74	7-3
26; 76	4	27	52	81	8-3
27; 77	6	29	54	79	9-3
28; 78	8	31	56	77	1-4
29; 79	10	33	58	75	2-4
30; 80	12	35	60	73	3-4
31; 81	14	37	62	82	4-4
32; 82	16	39	64	81	5-4
33; 83	18	41	66	80	6-4
34; 84	20	43	68	79	7-4
35; 85	22	45	70	78	8-4
36; 86	24	47	72	77	9-4
37; 87	1	26	49	76	1-5
38; 88	3	28	51	75	2-5
39; 89	5	30	53	74	3-5
40; 90	7	32	55	73	4-5
41; 91	9	34	57	74	5-5
42; 92	11	36	59	76	6-5
43; 93	13	38	61	78	7-5
44; 94	15	40	63	80	8-5
45; 95	17	42	65	82	9-5
46; 96	19	44	67	81	1-6
47; 97	21	46	69	79	2-6
48; 98	23	48	71	77	3-6
49; 99	22	47	50	75	4-6
50; 100	20	46	52	73	5-6

Навчальне видання

**КРАВЧЕНКО Юрій Петрович,
САПРИКА Олександр Вікторович**

Методичні вказівки
до виконання контрольних робіт
з курсу

«СПОЖИВАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ»

(для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання напряму
підготовки 0906 (6.050701) «Електротехніка та електротехнології»
спеціальності «Електротехнічні системи електроспоживання»)

Відповідальний за випуск к.т.н., доц. *П. П. Рожков*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2010, поз. 251 М

Підп. до друку 14.12.2010 р
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60×84 1/16
Ум. друк. арк. 1,6
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 731 від 19.12.2001